

PAT-NO: JP409063964A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 09063964 A

TITLE: GROWTH OF SELECTIVE SILICON EPITAXIAL FILM

PUBN-DATE: March 7, 1997

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

SUZUKI, TATSUYA

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NEC CORP	N/A

APPL-NO: JP07214738

APPL-DATE: August 23, 1995

INT-CL (IPC): H01L021/205, C30B025/14 , H01L021/76 , H01L029/78

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent a facet from being formed on the sidewalls of a selective silicon epitaxial film by a method wherein atomic hydrogen is adsorbed to the surface of the silicon epitaxial film by introducing the atomic hydrogen in the silicon epitaxial film along with raw gas and the surface free energy of the silicon epitaxial film is significantly reduced to reduce the crystal face orientation dependence of the free energy.

SOLUTION: When hydrogen gas is made to pass through a W filament 7 heated at a high temperature by a power supply 8 for filament use, 5% or thereabouts of the gas is dissociated into atomic hydrogen. By introducing the atomic

hydrogen in a selective silicon epitaxial film even on a growth condition that the temperature of a substrate is high and the flow rate of raw gas is low, a high hydrogen coverage on the surface of the silicon epitaxial film becomes possible like a growth condition that the temperature of the substrate is low and the flow rate of the raw gas is high. Thereby, the crystal face orientation dependence of the surface free energy of the silicon epitaxial film is reduced. As a result, the formation of a facet on the sidesall parts of the film can be inhibited.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平9-63964

(43)公開日 平成9年(1997)3月7日

(51)Int.Cl.*	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 21/205			H 01 L 21/205	
C 30 B 25/14			C 30 B 25/14	
H 01 L 21/76			H 01 L 21/76	E
29/78			29/78	301S

審査請求 有 請求項の数5 OL (全7頁)

(21)出願番号 特願平7-214738

(22)出願日 平成7年(1995)8月23日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 鈴木 達也

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

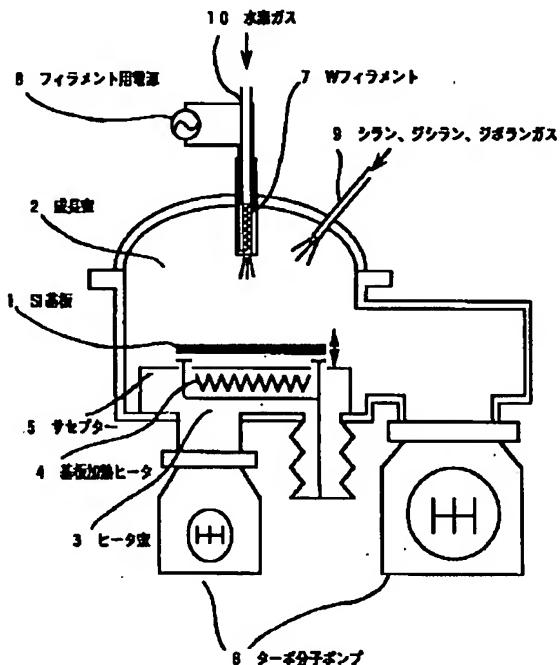
(74)代理人 弁理士 後藤 洋介 (外2名)

(54)【発明の名称】 選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法

(57)【要約】

【課題】 ジシラン等のシラン系原料ガスを用いた選択シリコンエピタキシャル成長において、原料ガスに原子状水素を混ぜることにより、エピタキシャル膜と絶縁膜の接触部におけるファセット形成を抑制する。

【解決手段】 基板温度が高くかつ原料ガス流量が少ない選択シリコンエピタキシャル成長条件においては、選択成長可能な膜厚をより厚くすることができるが、この成長条件においては、シリコン結晶の表面自由エネルギー異方性により側壁部にファセットが形成される。そこで、原料ガスに原子状水素を混ぜ、表面自由エネルギーの値を大幅に減少させる。これによって、表面自由エネルギー異方性を解消し、ファセットの無い選択シリコンエピタキシャル膜を形成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 シラン系ガスを原料ガスとしてシリコン基板上に選択シリコンエピタキシャル膜を成長する際に用いられ、前記成長の際、前記原料ガスとともに原子状水素を導入するようにしたことを特徴とする選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法。

【請求項2】 請求項1に記載された選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法において、前記選択シリコンエピタキシャル膜の成長条件は、前記シリコン基板の基板温度が予め定められた温度以上であり、かつ前記原料ガスの流量が所定の流量よりも小さいことを特徴とする選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法。

【請求項3】 請求項1又は2に記載された選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法において、水素ガスを高温に加熱されたフィラメントによって分解して前記原子状水素を生成するようにしたことを特徴とする選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法。

【請求項4】 請求項1又は2に記載された選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法において、高温に加熱されたフィラメント及び熱電子によって水素ガスを分解して前記原子状水素を生成するようにしたことを特徴とする選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法。

【請求項5】 請求項4に記載された選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法において、前記フィラメントと該フィラメントの近傍に配置された電極との間に前記フィラメントが負で、前記電極が正となるように電位差を与えて、前記フィラメント側から前記電極側へ熱電子を引き出し、該熱電子および前記フィラメントにより水素ガスを分解して前記原子状水素を生成するようにしたことを特徴とする選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、シランあるいはジシラン等のシラン系ガスを原料として用いる選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法に関し、特に、選択シリコンエピタキシャル膜側壁部の形状を制御する方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 まず、この種の成長方法に用いられる装置について概説する。

【0003】 図9はシランあるいはジシラン等のシラン系ガスを原料として、シリコン基板上に選択シリコンエピタキシャル膜を成長する際に用いられる装置の一例である。

【0004】 一般に、この種の選択シリコンエピタキシャル成長装置は、成長室2、基板加熱ヒータ4が配置されたヒータ室3、シリコン基板1を支持するためのサセアター5、及び成長室2とヒータ室3とを差動排気するためのターボ分子ポンプ6を備えており、図示のよう

に、成長室2及びヒータ室3はシリコン基板1によって分割された状態にある。

【0005】 この装置では、基板加熱ヒータ4によってシリコン基板1のみが加熱され、ステンレス製の成長室2は加熱されない。従って、ガスノズル9より成長室2内部へ導入されたシラン系原料ガス（例えば、シラン、ジシラン、ジボランガス）は気相中では分解せず、シリコン基板1のシリコン上で熱解離および吸着し、余分な水素原子を放出してシリコンを析出することになる。

【0006】 一方、原料ガスは気相中で化学的に活性な中間生成物を作らずにそのままシリコン基板1上に到達するので酸化膜等の絶縁膜上には吸着が起こりにくくまた吸着してもすぐ脱離するのでシリコンは成長しづらくなる。その結果、基板温度、原料ガス流量で決定される酸化膜上にシリコン形成が開始されるまでの潜伏時間においてはシリコン上にのみシリコンが選択成長する。

【0007】 この際、例えば、特開平4-74415号公報に記載されているように、基板温度を低く、原料ガス流量を多くした成長条件では、選択成長したシリコンエピタキシャル膜側壁部（絶縁膜との接觸部）はファセットを形成しにくくなる。一方、基板温度を高く、原料ガス流量を少なくした成長条件ではファセットを形成しやすくなる。

【0008】 このファセットはJournal of Crystal Growth 136 (1994) p. 349-354に記載されているように、シリコン結晶の面方位により表面自由エネルギーが異なり、例えば、(100)シリコン基板上では、シリコン成長初期に(100)面のみでなく、表面自由エネルギーの小さい(111)あるいは(311)面が形成される。そして、この形状（状態）を保持したまま成長が進行する結果、ファセットが形成されることになる。このように、表面自由エネルギーの小さい面が形成されるのは結晶シリコンの析出に伴う自由エネルギー増加を最小に抑制しようとする理由による。

【0009】 この際、基板温度を低く、原料ガス、例えば、ジシラン流量を多くすることにより、ファセットが形成されにくくなるのは、以下の理由による。

【0010】 ジシランから解離した水素原子は基板温度が低いほどシリコン表面に吸着しやすく、またジシラン流量が多いほどその吸着量は多い。この吸着した水素原子によりターミネートされたシリコン表面は表面自由エネルギーが大幅に低下し、結果的に表面自由エネルギーの面方位依存性は解消され、ファセット形成は起こりにくくなる。

【0011】 逆に、基板温度を高く、原料ガス、例えば、ジシラン流量を少なくすることにより、ファセットが形成されやすくなるのは、水素原子は基板温度が高いほどシリコン表面に吸着しにくく、また、ジシラン流量が少ないほど水素原子の吸着量は少ないため、水素原子

による表面自由エネルギーのシリコン結晶面方位依存性低減効果が抑制されるためである。

【0012】選択シリコンエピタキシャル膜の重要なアプリケーションの一つとして、 $0.1\mu\text{m}$ ルールレベルの微細なMOSトランジスタにおけるソース/ドレイン部のせり上げ構造への適用がある。

【0013】このMOSトランジスタでは、シリコン基板に素子分離酸化膜及びゲートを形成した後、短チャネル効果の抑制を目的としてPN接合深さの浅いソース/ドレインを形成するために、ソース/ドレインとなるべきシリコン上にのみ、選択的にシリコンエピタキシャル膜を成長する。その後、ソース/ドレイン形成のためのイオン注入を行う。この際、前述のようにエピタキシャル膜の側壁部にファセットがあると、ファセットのある所では膜厚が薄いため、結局、側壁部に近くなるほどイオン注入後のPN接合深さが深くなってしまう。その結果、短チャネル効果の抑制効果がなくなってしまう。

【0014】上述の理由から側壁部にファセットが形成されない選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法が要求される。前述の特開平4-74415号公報においては、成長条件の違いによりファセット形成の有無が左右されることに注目して、ファセットが形成されない選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法として、基板温度を低く、原料ガス流量を多くした成長条件による選択シリコンエピタキシャル成長法を提供している。

【0015】図6は、ジランを原料ガスとして、酸化膜を部分的に開孔したシリコン基板上への選択成長が可能な限界エピタキシャル膜厚を示しているが、図6から基板温度を低く、さらに原料ガス流量を多くした成長条件では、酸化膜等の絶縁膜上に、シリコンが析出しない選択成長条件で成長できるシリコンエピタキシャル膜厚は薄いことがわかる。

【0016】上述したような微細MOSトランジスタのソース/ドレイン部のせり上げ構造に選択シリコンエピタキシャル膜を適用しようとすると、1000オングストローム程度の膜厚が要求されることを考慮すると、このような場合には、特開平4-74415号公報に記載された方法は適用できることになり、1000オングストローム程度の選択シリコンエピタキシャル膜を形成する際には、成長条件を基板温度650°C以上、ジラン流量4sccm以下として成長が行われることになる。

### 【0017】

【発明が解決しようとする課題】上述のように、微細MOSトランジスタのソース/ドレイン部のせり上げ構造に選択シリコンエピタキシャル膜を適用しようとすると、1000オングストローム程度の膜厚が要求されるが、そのためには、特開平4-74415号公報に記載の方法が適用できず、成長条件は基板温度650°C以上、ジラン流量4sccm以下とされることになる。

しかしながら、この成長条件では前述したように選択シリコンエピタキシャル膜側壁部にファセットが形成されてしまうという問題点がある。

【0018】本発明の目的は選択シリコンエピタキシャル膜側壁部にファセットが形成されることなく1000オングストローム程度の膜厚を有する選択シリコンエピタキシャル膜を成長させることのできる選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法を提供することにある。

### 【0019】

10 【課題を解決するための手段】本発明の選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法は、シランあるいはジシラン等のシラン系ガスを原料ガスとした選択シリコンエピタキシャル膜の成長時に、基板温度が高くかつ前記原料ガス流量が小さい成長条件において、前記原料ガスと同時に原子状水素を導入することによって、選択シリコンエピタキシャル膜側壁部の形状を制御することを特徴としている。

【0020】上記の原子状水素を生成する際には、高温に加熱されたフィラメントにより水素ガスを分解することにより原子状水素を生成する。さらに、高温に加熱されたフィラメントとその近傍に配置された電極との間にフィラメント側が負で、電極側が正になるように電位差を与えることによってフィラメント側から電極側へ熱電子を引き出し、熱電子及び高温に加熱されたフィラメントにより水素ガスを分解して原子状水素を生成するようにもよい。

【0021】前記原子状水素は、シリコン表面に吸着し、シリコンの表面自由エネルギーを大幅に低下させるために前記シリコン表面自由エネルギーの結晶面方位依存性低減効果がある。従って、前記基板温度が高く、かつ前記原料ガス流量が小さい成長条件において、前記原子状水素を前記原料ガスと同時に流すことは、前記選択シリコンエピタキシャル膜の側壁部（絶縁膜との接触部）におけるファセット形成を抑制する。

### 【0022】

【発明の実施の形態】次に本発明について図面を参照して説明する。

【0023】図1は本発明による選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法の第1の実施例で用いられる選択シリコンエピタキシャル成長装置である。図示の装置では、図9に示す選択シリコンエピタキシャル成長装置と同一の構成要素については同一の参照番号が付されている。つまり、図示の選択シリコンエピタキシャル成長装置は、成長室2、基板加熱ヒータ4が配置されたヒータ室3、シリコン基板1を支持するためのサセプター5、及び成長室2とヒータ室3とを差動排気するためのターボ分子ポンプ6を備えており、さらに、原子状水素を成長室2内に導入するためのWフィラメント7、フィラメント用電源8、及び水素ガス配管10を備えている。

50 【0024】水素ガスはフィラメント用電源8により高

温に加熱されたWフィラメント7を通過する際に、その5%程度が原子状水素に解離する。基板温度が高く原料ガス流量が少ない成長条件においても、原子状水素の導入によって、基板温度が低く原料ガス流量が多い成長条件のように、シリコン表面上の高い水素被覆率が可能となる。これによって、表面自由エネルギーの結晶面方位依存性が低減されるため、エピタキシャル膜側壁部のファセット形成を抑制されることになる。

【0025】以下、実際に酸化膜を部分的に開孔したシリコン基板上にジシランを原料ガスとして選択シリコンエピタキシャル成長を行った例について説明する。

【0026】まず、(100)面を有する直径150mmのシリコン基板を1000°Cの温度でウエット酸化し、表面に2000オングストロームの熱酸化膜を形成した。次に、この基板をフォトリソグラフィー、約17%のバッファードフッ酸を用いたウエットエッチングにより開孔パターンを形成した。酸化膜の開孔パターン部の割合は基板全面積の10%とした。

【0027】次に、この基板をアンモニア/過酸化水素/純水(組成比1:5:20)からなる薬液により、70°Cで10分洗浄して基板表面の有機物、パーティクルを除去した後、10分間純水で水洗した。続けて、0.5%の希フッ酸に1分間没すことにより、基板表面に形成された自然酸化膜を除去した後、水洗を2分間行い、最後に、リンサドライヤーにより乾燥した。そして、この基板を図1に示す成長装置にセットした。このときの成長室2における圧力は $1 \times 10^{-9}$  torrであった。

【0028】この基板1を基板加熱ヒータ4により、700°Cまで加熱し、基板温度が安定化するまで保持した。その後、ジシランガスを流量1 sccmで成長室2に導入するとともに、2000°Cに加熱したWフィラメント7を通して成長室2に水素ガスを0~5 sccm流し、1000オングストロームの選択シリコンエピタキシャル膜を成長した。このときのジシランガス分圧は $2.5 \times 10^{-5}$  torr、水素ガス分圧は0~1.2×10<sup>-4</sup> torrであった。

【0029】図2~5はそれぞれ水素ガス流量5、4、1、0 sccmの際ににおける選択シリコンエピタキシャル成長後の断面形状の模式図である。図5に示すように、水素ガスを全く流さない場合、シリコンエピタキシャル膜12と酸化膜11の接觸部には大きなファセットが形成されることがわかる。

【0030】このファセット部の横幅をW、高さをDとすると、Wは2000オングストローム、Dは1000オングストロームであった。

【0031】図4に示すように、水素ガス流量を1 sccmとした場合には、ファセットは水素ガスをまったく流さない場合に比べ、縮小し、Wは1000オングストローム、Dは500オングストロームであった。さらに図3及び図2に示すように、水素ガス流量をそれぞれ4

及び5 sccmとした場合には、ファセット形成は大幅に抑制され、Wの値は共に200オングストローム、Dの値は共に100オングストロームであった。

【0032】次に、図8にファセット長Wの水素ガス流量依存性を示す。図8から明らかのように、水素ガス流量を増加させることにより、大幅にファセット形成を抑制できる。これは水素ガスがフィラメント用電源8により高温に加熱されたWフィラメント7を通過する際に、その一部が原子状水素に解離し、原子状水素は、基板温度が高く、原料ガス流量が少ない成長条件においても、基板温度が低く、原料ガス流量が多い成長条件時のように、シリコン表面上の高い水素被覆率を可能とする。このために、表面自由エネルギーの結晶面方位依存性が低減され、エピタキシャル膜側壁部のファセット形成を抑制されることになる。

【0033】次に本発明の第2の実施例について説明する。

【0034】図7は、本発明による選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法の第2の実施例において用いられる水素ガス導入部を模式的に示す図である。水素ガス導入部以外の構成は図1に示す装置と同様である。

【0035】図7を参照して、この装置では、フィラメント用電源8によって高温に加熱されたWフィラメント7において発生した熱電子を引き出すための熱電子引き出し用電極11が備えられている。

【0036】ここでは、Wフィラメント7が負、熱電子引き出し用電極11が正になるように、電圧を印加した。以下に、この装置を用いて、実際に選択シリコンエピタキシャル成長した例について説明する。

【0037】シリコン基板及びその前処理は第1の実施例と同一とした。そして、この基板を図7に示す水素ガス導入部を有する成長装置にセットした。この基板1を第1の実施例のときと同じように基板加熱ヒータ4により700°Cまで加熱し、基板温度が安定化するまで保持した。その後、ジシランガスを成長室2に1 sccm流し、同時に、2000°Cに加熱したWフィラメント7を接地し、熱電子引き出し用電極11に1.5 kVの電圧を印加して、水素ガスを0~5 sccm流して、1000オングストロームの選択シリコンエピタキシャル膜を成長形成した。このときのジシランガス分圧は $2.5 \times 10^{-5}$  torr、水素ガス分圧は0~1.2×10<sup>-4</sup> torrであった。

【0038】このようにして形成されたエピタキシャル膜のファセット長Wの水素ガス流量依存性を図8に示す。図8から容易にわかるように、この実施例においては、第1の実施例に比べ、より少ない水素ガス流量でファセット長Wを200オングストローム程度まで減少させることができた。これは、Wフィラメントを高温に加熱しただけでなく、熱電子を電極11に引き出したことにより、水素ガスがフィラメントの熱のみでなく、加速

された熱電子との衝突によっても原子状水素に分解し、結果として、原子状水素の生成効率が上述の第1の実施例、すなわちWフィラメントの熱のみで水素を分解した場合に比べて、約2倍に上昇したためである。

【0039】上述の実施例では、選択シリコンエピタキシャル膜のMOSトランジスタのソース/ドレインせり上げ構造への適用を例として説明してきたが、もちろんMOSトランジスタのチャネル部に選択シリコンエピタキシャル膜を適用する場合においても、本発明を適用することができる。

#### 【0040】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、シランあるいはジシラン等のシラン系ガスを原料とした選択シリコンエピタキシャル膜の成長時に、選択成長可能な膜厚をより厚くすることができる、基板温度が高く、かつ原料ガス流量が小さい成長条件において、原料ガスと同時に原子状水素を流すことにより、選択シリコンエピタキシャル膜側壁部のファセット形成を制御することができるという効果がある。そして、ファセット形成を抑制することにより、0.1  $\mu\text{m}$  レベルの微細なMOSトランジスタにおけるソース/ドレイン部のせり上げ構造を形成することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法に用いられる成長装置の一実施例（第1の実施例）を示す図である。

【図2】図1に示す装置において、水素ガス流量を5  $\text{sccm}$ とした際の選択シリコンエピタキシャル膜の模式図である。

【図3】水素ガス流量を4  $\text{sccm}$ とした際の選択シリコンエピタキシャル膜の模式図である。

【図4】図1に示す装置において、水素ガス流量を1  $\text{sccm}$ とした際の選択シリコンエピタキシャル膜の模式図である。

【図5】従来の選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法による選択シリコンエピタキシャル膜の模式図である。

【図6】従来の選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法を用いて成長した選択シリコンエピタキシャル膜の選択成長可能な膜厚を示す図である。

【図7】本発明による選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法に用いられる成長装置の他の実施例（第2の実施例）に用いられる水素ガス導入部の模式図である。

【図8】本発明による選択シリコンエピタキシャル膜の成長方法を用いて成長した選択シリコンエピタキシャル膜のファセット長Wの水素ガス流量依存性を示す図である。

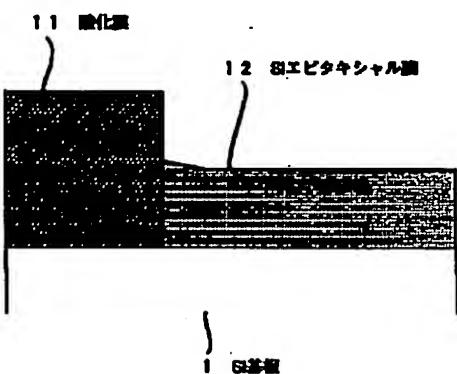
【図9】従来の選択シリコンエピタキシャル成長装置の模式図である。

#### 【符号の説明】

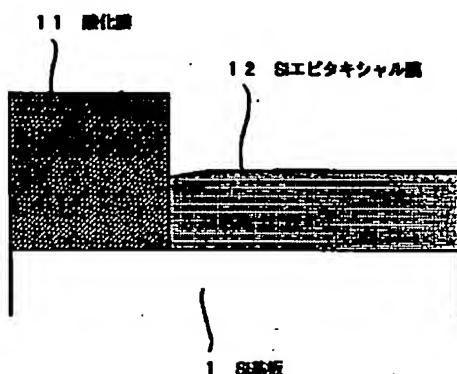
- 1 シリコン基板
- 2 成長室
- 3 ヒータ室
- 4 基板加熱ヒーター
- 5 サセプター
- 6 ターボ分子ポンプ
- 7 Wフィラメント
- 8 フィラメント用電源
- 9 ガスノズル
- 10 水素ガス配管
- 11 熱電子
- 12 選択シリコンエピタキシャル膜
- 13 MOS基板
- 14 熱電子引き出し用電極

30 11 熱電子引き出し用電極

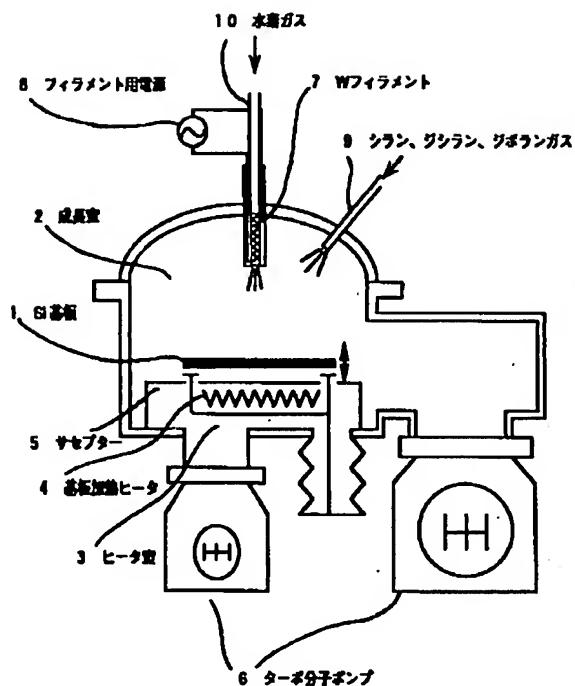
【図2】



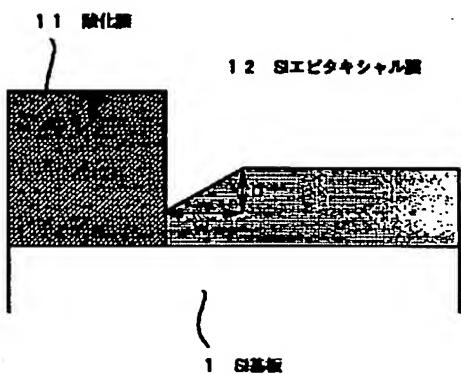
【図3】



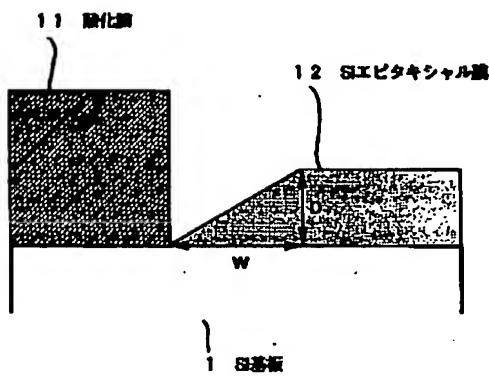
【図1】



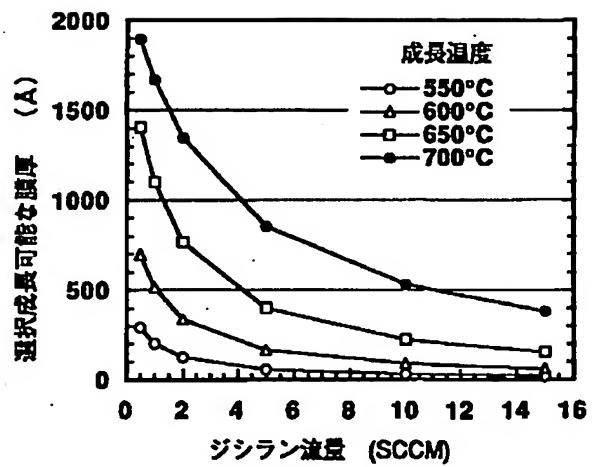
【図4】



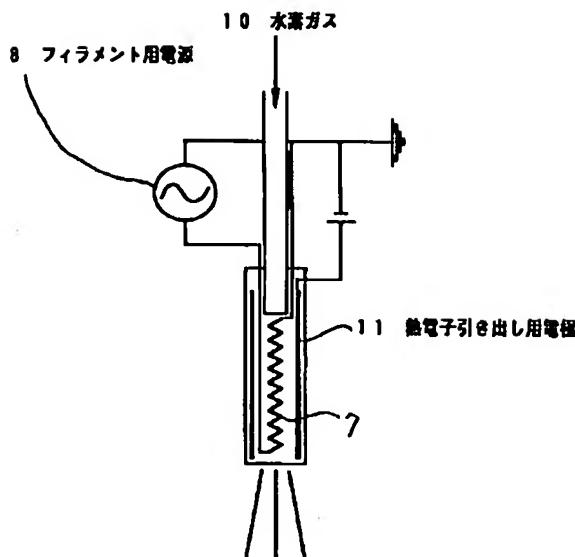
【図5】



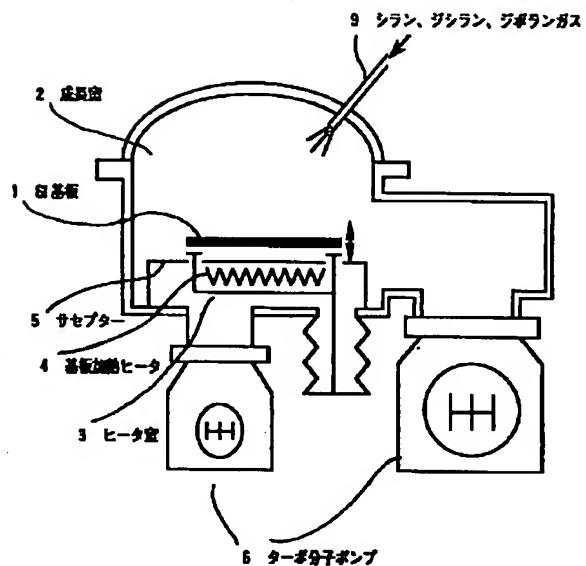
【図6】



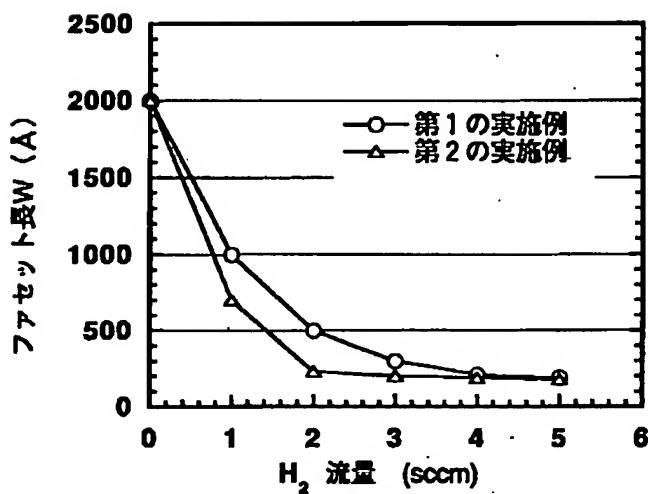
【図7】



【図9】



【図8】



**Disclaimer:**

This English translation is produced by machine translation and may contain errors. The JPO, the INPIT, and those who drafted this document in the original language are not responsible for the result of the translation.

**Notes:**

1. Untranslatable words are replaced with asterisks (\*\*\*\*).
2. Texts in the figures are not translated and shown as it is.

Translated: 09:09:00 JST 05/12/2007

Dictionary: Last updated 05/11/2007 / Priority:

---

## CLAIMS

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] The growth method of the selection silicon epitaxial film which is used when growing up a selection silicon epitaxial film on a silicon substrate by making Silang system gas into material gas, and carries out the feature of having introduced atomic hydrogen with said material gas in the case of said growth.

[Claim 2] In the growth method of the selection silicon epitaxial film indicated to Claim 1, [ the growth conditions of said selection silicon epitaxial film ] The growth method of the selection silicon epitaxial film which is more than the temperature as which the substrate temperature of said silicon substrate was determined beforehand, and is characterized by the flux of said material gas being smaller than predetermined flux.

[Claim 3] The growth method of the selection silicon epitaxial film characterized by for the filament heated by high temperature decomposing hydrogen gas in the growth method of the selection silicon epitaxial film indicated to Claim 1 or 2, and generating said atomic hydrogen.

[Claim 4] The growth method of the selection silicon epitaxial film characterized by disassembling hydrogen gas and generating said atomic hydrogen with the filament and thermal electron which were heated by high temperature in the growth method of the selection silicon epitaxial film indicated to Claim 1 or 2.

[Claim 5] In the growth method of the selection silicon epitaxial film indicated to Claim 4, said filament between the electrodes arranged near said filament and this filament [ negative ] The growth method of the selection silicon epitaxial film characterized by giving potential difference so that said electrode may become positive, and pulling out a thermal electron from said filament side to said electrode side, and for this thermal electron and said filament decomposing hydrogen gas, and generating said atomic hydrogen.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

## [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the method of controlling the form of a selection silicon epitaxial film side wall part especially about the growth method of a selection silicon epitaxial film of using Silang system gas, such as Silang or JISHIRAN, as materials.

## [0002]

[Description of the Prior Art] First, the equipment used for this kind of the growth method is outlined.

[0003] Drawing 9 is an example of the equipment used when growing up a selection silicon epitaxial film on a silicon substrate by using Silang system gas, such as Silang or JISHIRAN, as materials.

[0004] Generally [ this kind of selection silicon epitaxial growth equipment ] [ have the turbo molecular drag pump 6 for carrying out differential pumping of the susceptor 5, and the growth room 2 and the heater room 3 for supporting the growth room 2, the heater room 3 where the substrate-heating heater 4 has been arranged, and the silicon substrate 1, and ] like illustration The growth room 2 and the heater room 3 are in the state where it was divided by the silicon substrate 1.

[0005] With this equipment, at the substrate-heating heater 4, only the silicon substrate 1 is heated and the growth room 2 made from stainless steel is not heated. therefore -- not decomposing the Silang system material gas (for example, Silang, JISHIRAN, JIBORANGASU) introduced from the gas nozzle 9 in growth room 2 insides in the gaseous phase -- the silicon top of the silicon substrate 1 -- heat dissociation -- and it will adsorb, an excessive hydrogen atom will be emitted and silicon will be deposited.

[0006] On the other hand, since it is immediately desorbed from it even if it sticks to it again that adsorption does not take place easily on insulating films, such as an oxide film, since material gas reaches on the silicon substrate 1 as it is, without making an activity intermediate product chemically in the gaseous phase, silicon is hard coming to grow up. As a result, silicon carries out selection growth only on silicon during the latent period until silicon formation is started on the oxide film determined by substrate temperature and material gas flux.

[0007] It is low in substrate temperature and the silicon epitaxial film side wall part (contact part with an insulating film) which carried out selection growth becomes difficult to form a facet on the growth conditions which increased material gas flux as indicated in this case, for example, JP,H4-74415,A. On the other hand, it is high in substrate temperature and becomes easy to form a facet on the growth conditions which lessened material gas flux.

[0008] This facet is Jounal. of Crystal Growth as indicated to 136(1994) p.349-354 Surface free energy changes with plane directions of a silicon crystal, for example, on a silicon substrate (100), not only a field (100) but surface free energy is small in early stages of silicon growth

(111), or (311) a field is formed. And a facet will be formed as a result of growth advancing with this form (state) held. Thus, that the small field of surface free energy is formed depends the increase in free energy accompanying a deposit of crystalline silicon on the Reason which it is going to control to the minimum.

[0009] Under the present circumstances, it is low in substrate temperature and it is based on the following Reasons by increasing material gas, for example, JISHIRAN flux, that a facet becomes is hard to be formed.

[0010] It is easy to stick on the silicon surface to the hydrogen atom which \*\*\*\*(ed) from JISHIRAN, so that substrate temperature is low, and there are so many the amounts of adsorption that there is much JISHIRAN flux. Surface free energy falls [ the silicon surface terminated with this hydrogen atom to which it stuck ] sharply, the plane direction dependability of surface free energy is canceled as a result, and facet formation becomes difficult to take place.

[0011] [ that on the contrary, a facet becomes it is high in substrate temperature and is easy to be formed by lessening material gas, for example, JISHIRAN flux, ] It is because it is hard to stick on the silicon surface to a hydrogen atom, so that substrate temperature is high, and the silicon crystal face direction dependability reduction effect of the surface free energy by a hydrogen atom is inhibited since there are few amounts of adsorption of a hydrogen atom so that there is little JISHIRAN flux.

[0012] As one of the important applications of a selection silicon epitaxial film, application in the bidding up structure of the source / drain part in a MOS transistor with a detailed 0.1-micrometer rule level is.

[0013] After forming [ this MOS transistor ] an element separation oxide film and a gate in a silicon substrate, in order to form a source/drain with shallow PN junction depth for the purpose of control of the short channel effect Only on the silicon which should serve as a source/drain, a silicon epitaxial film is grown up alternatively. Then, the ion implantation for a source / drain formation is performed. Under the present circumstances, if a facet is in the side wall part of an epitaxial film as mentioned above, since film thickness is thin, PN junction depth after ion implantation will become deep in a place with a facet, so that it becomes close to a side wall part after all. As a result, the control effect of the short channel effect will be lost.

[0014] The growth method of a selection silicon epitaxial film that a facet is not formed in a side wall part from an above-mentioned Reason is required. In above-mentioned JP,H4-74415,A Paying attention to the existence of facet formation being influenced by the difference among growth conditions, as the growth method of a selection silicon epitaxial film that a facet is not formed, it is low in substrate temperature and the selection silicon growing method by the growth conditions which increased material gas flux is offered.

[0015] Although the marginal epitaxial film thickness in which selection growth of a up to [ the

silicon substrate which drawing 6 made JISHIRAN material gas and punctured the oxide film partially ] is possible is shown It is low in drawing 6 to substrate temperature, and it turns out that the silicon epitaxial film thickness which can grow on the selection growth conditions that silicon does not deposit on insulating films, such as an oxide film, is thin on the growth conditions which increased material gas flux further.

[0016] If it is going to apply a selection silicon epitaxial film to the bidding up structure of the source / drain part of a detailed MOS transistor which was mentioned above When it takes into consideration that about 1000A film thickness is required, [ in such a case ] The method indicated to JP,H4-74415,A can be applied, and when forming an about 1000A selection silicon epitaxial film, growth will be performed considering growth conditions as the substrate temperature of 650 degrees C or more, and 4 or less sccm of JISHIRAN flux.

[0017]

[Problem to be solved by the invention] As mentioned above, [ if it is going to apply a selection silicon epitaxial film to the bidding up structure of the source / drain part of a detailed MOS transistor, about 1000A film thickness will be required, but ] For that purpose, the method of a description cannot be applied to JP,H4-74415,A, but growth conditions will be made into the substrate temperature of 650 degrees C or more, and 4 or less sccm of JISHIRAN flux. However, on this growth condition, there is a problem that a facet will be formed in a selection silicon epitaxial film side wall part as mentioned above.

[0018] The purpose of this invention is to offer the growth method of a selection silicon epitaxial film that the selection silicon epitaxial film which has about 1000A film thickness can be grown up, without forming a facet in a selection silicon epitaxial film side wall part.

[0019]

[Means for solving problem] [ the growth method of the selection silicon epitaxial film of this invention ] At the time of the growth of a selection silicon epitaxial film made into material gas, Silang system gas, such as Silang or JISHIRAN, is set on the growth conditions that substrate temperature is high and that said material gas flux is small. By introducing atomic hydrogen simultaneously with said material gas, it is characterized by controlling the form of a selection silicon epitaxial film side wall part.

[0020] When generating the above-mentioned atomic hydrogen, atomic hydrogen is generated by disassembling hydrogen gas by the filament heated by high temperature. Furthermore, the filament side between the filament heated by high temperature and the electrode arranged in the neighborhood [ negative ] A thermal electron is pulled out from the filament side to the electrode side, the filament heated by a thermal electron and high temperature decomposes hydrogen gas, and you may make it generate atomic hydrogen by giving potential difference so that the electrode side may just become.

[0021] Said atomic hydrogen sticks to the silicon surface, and in order to reduce the surface

free energy of silicon sharply, it has the crystal face direction dependability reduction effect of said silicon surface free energy. Therefore, that said material gas flux passes said atomic hydrogen simultaneously with said material gas on small growth conditions highly [ said substrate temperature ] controls the facet formation in the side wall part (contact part with an insulating film) of said selection silicon epitaxial film.

[0022]

[Mode for carrying out the invention] Next, this invention is explained with reference to Drawings.

[0023] Drawing 1 is selection silicon epitaxial growth equipment used in the 1st example of the growth method of the selection silicon epitaxial film by this invention. With the equipment of illustration, the same reference number is attached about the same constituent factor as the selection silicon epitaxial growth equipment shown in drawing 9 . [ that is, the selection silicon epitaxial growth equipment of illustration ] It has the turbo molecular drag pump 6 for carrying out differential pumping of the susceptor 5, and the growth room 2 and the heater room 3 for supporting the growth room 2, the heater room 3 where the substrate-heating heater 4 has been arranged, and the silicon substrate 1. Furthermore, it has the W filament 7, the power supply 8 for filaments, and the hydrogen gas piping 10 for introducing atomic hydrogen in the growth room 2.

[0024] When hydrogen gas passes the W filament 7 heated by high temperature by the power supply 8 for filaments, it is \*\*\*\*(ed) to atomic hydrogen. [ the about 5% of ] Also on the growth conditions with little material gas flux that substrate temperature is high, the high hydrogen covering rate on the silicon surface of substrate temperature becomes possible like low growth conditions with much material gas flux by introduction of atomic hydrogen. Since the crystal face direction dependability of surface free energy is reduced by this, by it, facet formation of an epitaxial film side wall part will be controlled.

[0025] The example which performed selection silicon epitaxial growth by making JISHIRAN into material gas hereafter on the silicon substrate which actually punctured the oxide film partially is explained.

[0026] First, wet oxidation of the silicon substrate with a diameter of 150mm which has a field (100) was carried out at the temperature of 1000 degrees C, and the 2000A thermal oxidation film was formed in the surface. Next, the puncturing pattern was formed by wet etching using photo lithography and about 17% of buffered fluoric acid of this substrate. The rate of the puncturing pattern part of an oxide film carried out to 10% of the whole substrate surface product.

[0027] Next, after washing at 70 degrees C for 10 minutes and removing the organic matter on the surface of a substrate, and a particle with the medical fluid which consists this substrate of ammonia / hydrogen peroxide / pure water (composition ratio 1:5:20), it washed with pure

water for 10 minutes. After removing the natural oxidation film continuously formed in the substrate surface by dipping in 0.5% of rare fluoric acid for 1 minute, the flush was performed for 2 minutes and, finally it dried with the RINSA drier. And this substrate was set in the growth equipment shown in drawing 1. The pressure in the growth room 2 at this time was  $1 \times 10^{-9}$  torr.

[0028] It held until it heated this substrate 1 to 700 degrees C and substrate temperature stabilized it at the substrate-heating heater 4. Then, while introducing JISHIRANGASU into the growth room 2 by flux 1sccm, hydrogen gas was poured zero to 5 sccm in the growth room 2 through the W filament 7 heated at 2000 degrees C, and the 1000A selection silicon epitaxial film was grown up. The JISHIRANGASU partial pressure at this time was  $2.5 \times 10^{-5}$  torr, and hydrogen gas partial pressure was  $0 - 1.2 \times 10^{-4}$  torr.

[0029] Drawing 2 - 5 are the mimetic diagrams of the hydrogen gas flux 5, 4, and 1 and the cross-sectional form after the selection silicon epitaxial growth in the case of 0sccm, respectively. As shown in drawing 5, when not pouring hydrogen gas at all, it turns out that a big facet is formed in the contact part of the silicon epitaxial film 12 and an oxide film 11.

[0030] When breadth of this facet part was set to W and height was set to D, W was 2000A and D was 1000A.

[0031] As shown in drawing 4, when hydrogen gas flux was set to 1sccm, the facet was reduced compared with the case where hydrogen gas is not poured at all, W was 1000A and D was 500A. Furthermore, as shown in drawing 3 and drawing 2, when hydrogen gas flux was set to 4 and 5sccm, respectively, facet formation was controlled sharply and both the values of both of 200A and D of the value of W were 100A.

[0032] Next, the hydrogen gas flux dependability of the facet length W is shown in drawing 8. Facet formation can be sharply controlled by making hydrogen gas flux increase so that clearly from drawing 8. When hydrogen gas passes the W filament 7 heated by high temperature by the power supply 8 for filaments, the part \*\*\*\* this to atomic hydrogen, and [ atomic hydrogen ]. The high hydrogen covering rate on the silicon surface is made possible like [ substrate temperature is high, and substrate temperature is low also on growth conditions with little material gas flux, and / at the time of growth conditions with much material gas flux ]. For this reason, the crystal face direction dependability of surface free energy will be reduced, and facet formation of an epitaxial film side wall part will be controlled.

[0033] Next, the 2nd example of this invention is explained.

[0034] Drawing 7 is the figure showing typically the hydrogen gas induction used in the 2nd example of the growth method of the selection silicon epitaxial film by this invention. The composition of those other than hydrogen gas induction is the same as that of the equipment shown in drawing 1.

[0035] With reference to drawing 7, it has the electrode 11 for thermal electron drawers for

pulling out the thermal electron generated in the W filament 7 heated by high temperature by the power supply 8 for filaments with this equipment.

[0036] Here, the W filament 7 impressed voltage so that negative and the electrode 11 for thermal electron drawers might just become. This equipment is used for below and the example which actually carried out selection silicon epitaxial growth is explained.

[0037] A silicon substrate and its pretreatment were made the same as that of the 1st example. And it set in the growth equipment which has the hydrogen gas induction which shows drawing 7 this substrate. This substrate 1 was heated to 700 degrees C at the substrate-heating heater 4 like the time of the 1st example, and it held until substrate temperature was stable. Then, pass JISHIRANGASU 1 sccm in the growth room 2, ground simultaneously the W filament 7 heated at 2000 degrees C, and the voltage of 1.5kV is impressed to the electrode 11 for thermal electron drawers. Hydrogen gas was poured zero to 5 sccm, and growth formation of the 1000A selection silicon epitaxial film was carried out. The JISHIRANGASU partial pressure at this time was  $2.5 \times 10^{-5}$  torr, and hydrogen gas partial pressure was  $0 - 1.2 \times 10^{-4}$  torr.

[0038] Thus, the hydrogen gas flux dependability of the facet length W of the formed epitaxial film is shown in drawing 8. In this example, the facet length W was able to be decreased to about 200A by smaller hydrogen gas flux compared with the 1st example so that drawing 8 might show easily. This not only heated W filament to high temperature, but [ this ] by having pulled out the thermal electron to the electrode 11 It is because hydrogen gas went up twice [ about ] compared with the case where it decomposed into atomic hydrogen and the generation efficiency of atomic hydrogen decomposes hydrogen according to the 1st above-mentioned example, i.e., the heat of W filament, as a result, also not only by the heat of a filament but by the collision with the accelerated thermal electron.

[0039] Although the above-mentioned example has explained application in the source / drain bidding up structure of the MOS transistor of a selection silicon epitaxial film as an example This invention can be applied when, applying a selection silicon epitaxial film to the channel part of a MOS transistor, of course.

[0040]

[Effect of the Invention] [ according to this invention / Silang system gas, such as Silang or JISHIRAN, ] at the time of the growth of a selection silicon epitaxial film used as materials as explained above On the growth conditions which can make thicker film thickness in which selection growth is possible that substrate temperature is high and that material gas flux is small, it is effective in facet formation of a selection silicon epitaxial film side wall part being controllable by passing atomic hydrogen simultaneously with material gas. And it becomes possible by controlling facet formation to form the bidding up structure of the source / drain part in a MOS transistor with a detailed 0.1-micrometer level.

[Translation done.]